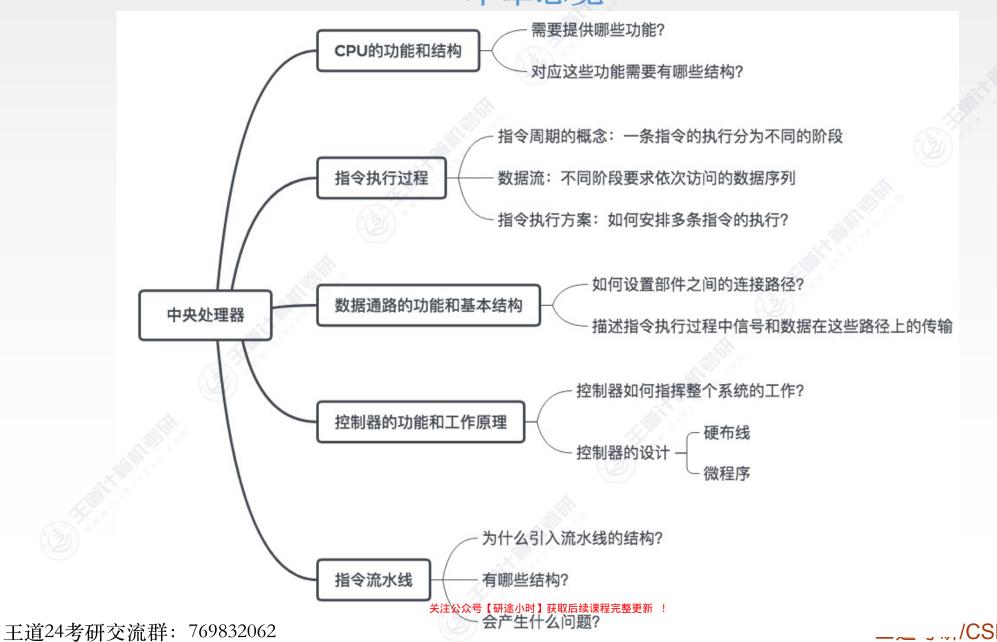
### 本节内容

# 中央处理器

指令流水线 基本概念 性能指标

### 本章总览



### 指令流水的定义

一条指令的执行过程可以分成多个阶段(或过程)。 根据计算机的不同,具体的分法也不同。

取指 分析 执行

特点:每个阶段用到的硬件不一样。

取指:根据PC内容访问主存储器,取出一条指令送到IR中。

分析: 对指令操作码进行译码, 按照给定的寻址方式和地址字段中的

内容形成操作数的有效地址EA,并从有效地址EA中取出操作数。

**执行**:根据操作码字段,完成指令规定的功能,即把运算结果写到通 田客存器或主存由

用寄存器或主存中。

设取指、分析、执行3个阶段的时间都相等,用 t表示 , 按以下几种执行方式分析n条指令的执行时间:

1. 顺序执行方式 总耗时T = n×3t = 3nt

取指k 分析k 执行k 取指k+1 分析k+1 执行k+1

传统冯·诺依曼机采用顺序执行方式,又称串行执行方式。

优点:控制简单,硬件代价小。

缺点: 执行指令的速度较慢, 在任何时刻, 处理机中只有

一条指令在执行,答對肥部性的開釋很低。

### 指令流水的定义

1. 顺序执行方式 总耗时T = n×3t = 3nt

|--|--|

传统冯·诺依曼机采用顺序执行方式,又称串行执行方式。

优点:控制简单,硬件代价小。

缺点: 执行指令的速度较慢, 在任何时刻, 处理机中只有一条指令在执行, 各功能部件的利用率很低。

2. 一次重叠执行方式 总耗时T = 3t + (n-1)×2t = (1+2n)t

					分析 <i>k</i> +2	执行 <i>k</i> +2
		取指k+1	分析 <i>k</i> +1	执行 <i>k</i> +1	A STATE OF THE STA	
取指k	分析k	执行k		4		<u> </u>

优点:程序的执行时间缩短了1/3,各功能部件的利用率明显提高。

缺点:需要付出硬件上较大开销的代价,控制过程也比顺序执行复杂了。

### 指令流水的定义

1. 顺序执行方式 总耗时T = n×3t = 3nt

取指k 分析k 执行k 取指k+1 分析k+1 执行k+1

传统冯·诺依曼机采用顺序执行方式,又称串行执行方式。优点:控制简单,硬件代价小。

缺点: 执行指令的速度较慢, 在任何时刻, 处理机中只有一条指令在执行, 各功能部件的利用率很低。

2. 一次重叠执行方式 总耗时T = 3t + (n-1)×2t = (1+2n)t

			(2)	取指 <i>k</i> +2	分析 <i>k</i> +2	执行 <i>k</i> +2
		取指k+1	分析 <i>k</i> +1	执行 <i>k</i> +1		
取指k	分析k	执行k				

3. 二次重叠执行方式 总耗时T = 3t + (n-1)×t = (2+n)t

		取指k+2	分析 <i>k</i> +2	执行 <i>k</i> +2
	取指 <i>k</i> +1	分析 <i>k</i> +1	执行 <i>k</i> +1	
取指k	分析k	执行k		

优点:程序的执行时间缩短了1/3,各功能部件的利用率明显提高。 缺点:需要付出硬件上较大开销的代价,控制过程也比顺序执行复杂了。

与顺序执行方式相比,指令的执行时间缩短近2/3。这是一种理想的指令执行方式,在正常情况下,处理机中同时有3条指令在执行。

注:也可以把每条指令的执行过程分成4个或5个阶段,分成5个阶段是比较常见的做法。

关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新

王道24考研交流群: 769832062

### 流水线的表示方法

1. 指令执行过程图

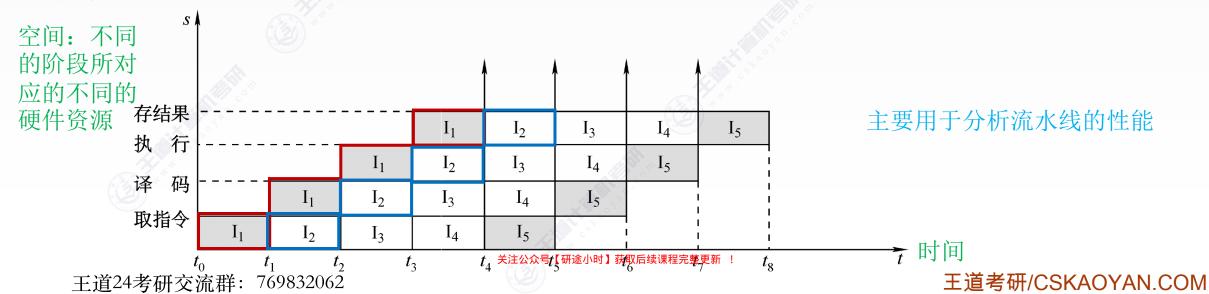
指令序列↑

第k+2条指令 $I_{k+2}$ 第k+1条指令 $I_{k+1}$ 第k条指令 $I_k$ 

		···			
	LÖ	取指k+2	分析 <i>k</i> +2	执行 <i>k</i> +2	
	取指k+1	分析 <i>k</i> +1	执行 <i>k</i> +1		
取指k	分析k	执行k			

主要用于分析指令执行过程以及影响流水线的因素(见下一个视频)

#### 2. 时空图



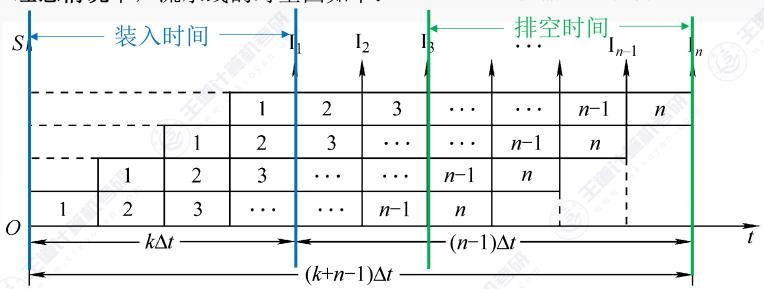
- 1. 吞吐率
- 2. 加速比
- 3. 效率

1. 吞吐率 吞吐率是指在单位时间内流水线所完成的任务数量,或是输出结果的数量。 设任务数为n; 处理完成n个任务所用的时间为 $T_k$ 

则计算流水线吞吐率(TP)的最基本的公式为  $TP = \frac{n}{T_k}$ 

理想情况下,流水线的时空图如下:

当连续输入的任务n→∞时,得最大吞吐率为 $TP_{max}$ =1/ $\Delta t$ 。



$$T_k = (k+n-1) \Delta t$$

流水线的实际吞吐率为

$$TP = \frac{n}{(k+n-1)\Delta t}$$

一条指令的执行分为k个阶段,每个阶段耗时 $\Delta t$ ,一般取 $\Delta t$  =一个时钟周期

2. 加速比 完成同样一批任务,不使用流水线所用的时间与使用流水线所用的时间之比。

设 $T_0$ 表示不使用流水线时的执行时间,即顺序执行所用的时间; $T_k$ 表示使用流水线时的执行时间

则计算流水线加速比(
$$S$$
)的基本公式为  $S = \frac{T_0}{T_k}$ 

当连续输入的任务 $n\to\infty$ 时,最大加速比为 $S_{\max}=k$ 。

理想情况下,流水线的时空图如下:

SI  $I_{n-1}$ n-1n n-1. . . n 3 n-1n n-1. . . . . . n  $k\Delta t$  $(n-1)\Delta t$  $(k+n-1)\Delta t$ 

单独完成一个任务耗时为 $k \Delta t$ ,则顺序完成n个任务耗时 $T_0 = nk \Delta t$ 

$$T_k = (k+n-1) \Delta t$$

实际加速比为

$$S = \frac{kn\Delta t}{(k+n-1)\Delta t} = \frac{kn}{k+n-1}$$

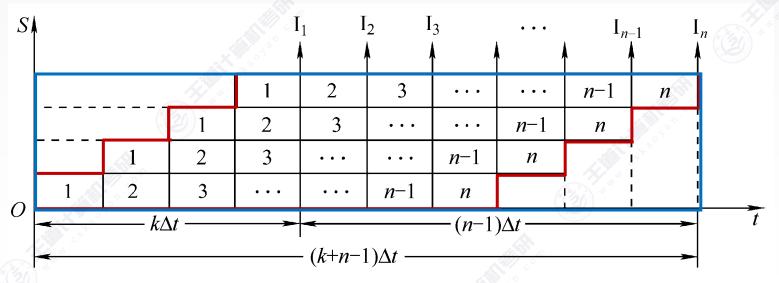
一条指令的执行分为k个阶段,每个阶段耗时 $\Delta t$ ,一般取 $\Delta t$  =一个时钟周期

3. 效率 流水线的设备利用率称为流水线的效率。

在时空图上,流水线的效率定义为完成n个任务占用的时空区有效面积与n个任务所用的时间与k个流水段所围成的时空区总面积之比。

则流水线效率(E)的一般公式为  $E = \frac{n$ 个任务占用k时空区有效面积  $= \frac{T_0}{kT_k}$ 

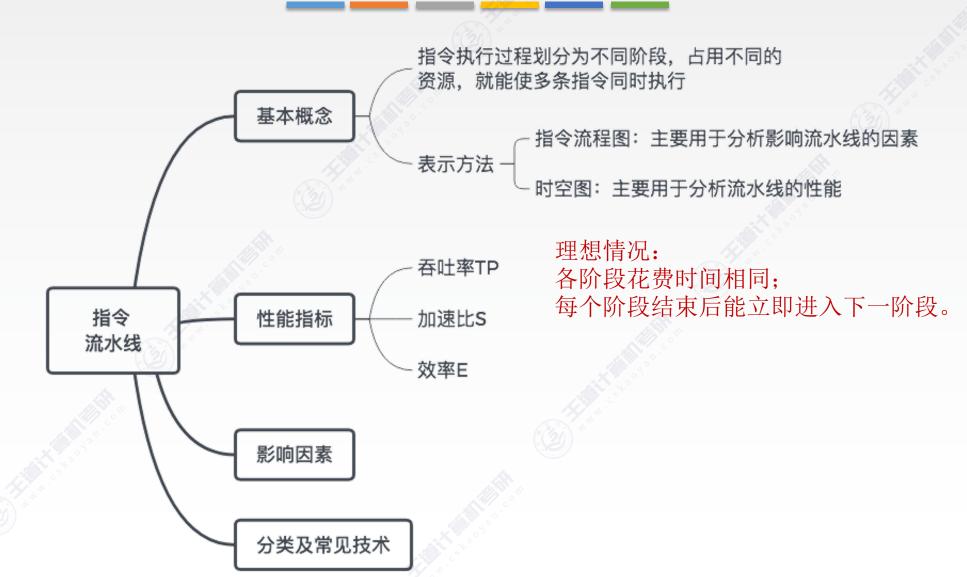
理想情况下,流水线的时空图如下:



当连续输入的任务n→∞时,最高效率为 $E_{\text{max}}$ =1。

一条指令的执行分为k个阶段,每个阶段耗时 $\Delta t$ ,一般取 $\Delta t$  =一个时钟周期

### 本节回顾



关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新 !



△ 公众号: 王道在线



b站: 王道计算机教育



抖音:王道计算机考研